

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003 年 7 月 17 日 (17.07.2003)

PCT

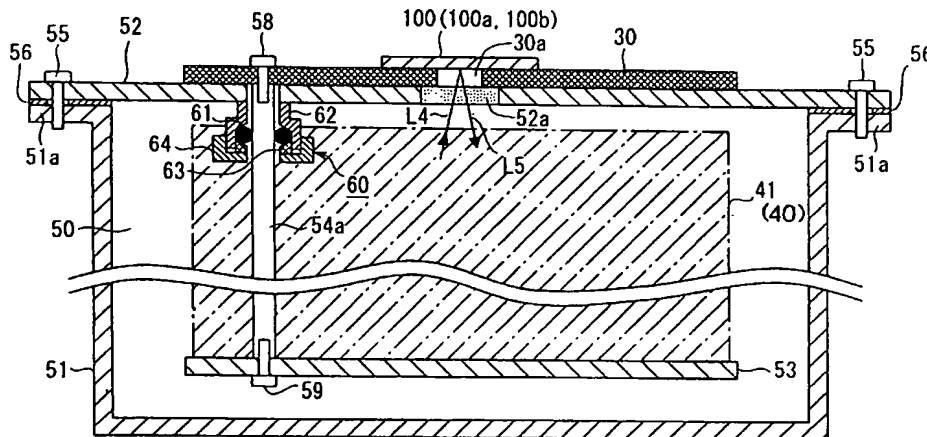
(10) 国際公開番号  
WO 03/058212 A1

- (51) 国際特許分類: G01N 21/01, 21/35 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 宇佐見 護 (US-AMI, Mamoru) [JP/JP]; 〒324-8625 栃木県 大田原市 実  
(21) 国際出願番号: PCT/JP02/13647 取 7 7 0 番地 株式会社栃木ニコン内 Tochigi (JP). 岩  
(22) 国際出願日: 2002 年 12 月 26 日 (26.12.2002) 本 敏志 (IWAMOTO, Toshiyuki) [JP/JP]; 〒324-8625 栃  
(25) 国際出願の言語: 日本語 木県 大田原市 実取 7 7 0 番地 株式会社栃木ニコン  
(26) 国際公開の言語: 日本語 内 Tochigi (JP).  
(30) 優先権データ: 特願 2001-399510 (74) 代理人: 永井 冬紀 (NAGAI, Fuyuki); 〒100-0013 東京  
2001 年 12 月 28 日 (28.12.2001) JP 都 千代田区 霞が関三丁目 2 番 4 号 霞山ビル Tokyo  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株 (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,  
式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒 BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
100-8331 東京都 千代田区 丸の内 3 丁目 2 番 3 号 DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
Tokyo (JP). 株式会社栃木ニコン (TOCHIGI NIKON ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,  
CORPORATION) [JP/JP]; 〒324-8625 栃木県 大田原 LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,  
市 実取 7 7 0 番地 Tochigi (JP). NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU,  
ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: SPECTRAL MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称: 分光測定装置



(57) Abstract: A spectral measuring device, wherein a holder (30) for holding a specimen (100) is disposed on the outside of a vacuum chamber (50) having a light transmitting window (52a), a light radiating part having a light detection part and a terahertz light generator (6) is fixed to a base (53) disposed in the vacuum chamber and radiates terahertz pulse light to the specimen (100) on the outside of the vacuum chamber through the light transmitting window (52a) and specimen light from the specimen (100) is received by the light detection part through the light transmitting window (52a), and the base (53) in the vacuum chamber and the holder (30) on the outside of the vacuum chamber are connected to each other through a connection member (54a) passed through the partition wall of the vacuum chamber (50) so as to be airtight against and displaceable relative to the partition wall and so that the relative positions thereof can be fixed.

[続葉有]

WO 03/058212 A1



(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

試料（１００）を保持するホルダ（３０）は、光透過窓（５２ａ）を有する真空チャンバー（５０）の外部に配置される。光検出部およびテラヘルツ光発生器６を有する光照射部は、真空チャンバー内に配置されたベース（５３）に固定される。光照射部は光透過窓（５２ａ）を介して真空チャンバー外の試料（１００）にテラヘルツパルス光を照射し、そのときの試料（１００）からの試料光は光透過窓（５２ａ）を介して光検出部により受光される。真空チャンバー内のベース（５３）と真空チャンバー外のホルダ３０とは、真空チャンバー（５０）の隔壁に対して気密かつ相対的に変位可能に隔壁を貫通する連結部材（５４ａ）により、互いの相対位置が固定されるように連結される。

明細書  
分光測定装置

本出願は日本国特許出願２００１年第３９９５１０号（平成１３年１２月２８日出願）を基礎として、その内容は引用文としてここに組み込まれる。

技術分野

本発明は、試料に所定波長の光を照射して、試料からの光を検出することにより試料の分光特性を測定する分光測定装置に関する。

背景技術

種々の測定装置に使用される光学装置では、対象物を保持するホルダと、対象物に所定の光を照射するとともに対象物から得られる光に対して光学的な作用を行う光学系と、を備えている。

このような光学装置の例として、テラヘルツ光を用いた種々の光学装置、例えば分光装置、誘電率測定装置、検査装置や、対象物の誘電率分布を示す像などを得たりするイメージ化装置がある。また、テラヘルツ光以外の光を用いる種々の光学装置として、例えば分光装置、膜厚測定装置、検査装置などがある。

このような光学装置では、光路中に測定に用いられる波長域の光を吸収する分子が存在すると、精度の良い測定や所望の測定などを行うことができない。例えば、赤外領域の分光計測を大気中で行う場合、水蒸気や二酸化炭素などによる吸収が観測されてしまう。そのため、精度の良い測定を行いたい場合やこれらの吸収付近のデータを測定する場合などには、装置すなわち光路内を真空に引くことによって、あるいは、装置内をパージすることによってこれらの分子等を取り除くようにしている。ここで、パージとは、装置内部の気体を乾燥窒素等の清浄なパージ用ガスで置換することである。

例えば、外部から装置内にパージ用のガスを導入し続けるとともに内部からガスを排気し続ける方法や、装置内部を一旦真空にした後に内部にパージ用のガスを充填させ密封状態に保つ方法がある。

このように真空中に引いた状態やパージした状態で測定等を行うことができるように構成された従来装置では、装置全体を覆う直方体形状の筐体が1つの真空引き可能なチャンバーを形成するように構成され、対象物を保持するホルダ及び光学系の全体がチャンバー内に配置されるようになっている。ホルダ及び光学系は、筐体内に独立して設けられたベースに固定されている。そのため、チャンバーを真空中に引くことにより筐体に歪みが生じて、光学系と対象物を保持するホルダとの位置関係が変わらない。その結果、筐体に歪みが生じて測定等の精度が低下することはない。

しかしながら、対象物を保持するホルダが光学系と同じチャンバー内に配置されているので、対象物を交換する度に、チャンバー内の真空を破ったり再度真空中に引いたりする作業が必要となり、交換に伴った待ち時間が無駄な時間として生じていた。なお、ホルダが真空中に配置されるタイプの装置では、複数の対象物を装着できるターレットを設けて、ターレットを回転することにより対象物の交換を行うものもある。しかし、装置の大型化を避けるためにはターレットの大きさにも限度があり、装着できる対象物の数も限りがあつて、多数の対象物を測定する場合には上述したような無駄時間が生じていた。

#### 発明の開示

本発明の目的は、精度良く測定を行うことができる分光測定装置を提供することにある。

本発明による分光測定装置は、真空中に排気され、光透過窓を有するチャンバーと、測定光を発生する発生器と、測定光を試料に照射する照射光学系と、試料からの試料光を検出する検出器と、測定光が照射された試料からの試料光を検出器に導く検出光学系とを備え、発生器、照射光学系、検出器および検出光学系は記真空チャンバー内に配置され、試料は真空チャンバー外に配置される。

また、本発明による分光測定装置は、真空中に排気され、光透過窓を有するチャンバーと、テラヘルツパルス光を発生する発生器と、テラヘルツパルス光を試料に照射する照射光学系と、試料からの試料光を検出する検出器と、テラヘルツパルス光が照射された試料からの試料光を検出器に導く検出光学系とを備え、発生

器、照射光学系、検出器および検出光学系は真空チャンバー内に配置され、試料は真空チャンバー外に配置される。

いずれの場合も、透過窓は、テラヘルツ光の吸収率の小さなポリエチレン材料または石英が好ましい。

また、レーザパルス光を発生するレーザ光源と、レーザ光源で発生したレーザパルス光を、発生器に対するポンプ光と検出器に対するプローブ光とに分割する分割器と、発生器に導かれるポンプ光の光路長及び／又は検出器に導かれるプローブ光の光路長を変更する光路長変更装置とを備え、検出器では透過窓を介して入射する試料からの試料光をポンプ光及び／又はプローブ光の照射タイミングに同期してサンプリングし、透過窓と試料との間隔を光路長変更装置の光路長変更範囲よりも大きく設定する。それによって、分光測定における多重反射光の影響を除去することができる。

レーザ光源、分割器および前記光路長変更装置をチャンバー外に配設しても良い。

さらに、レーザパルス光を発生するレーザ光源と、レーザ光源で発生したレーザパルス光を、テラヘルツ光発生器に対するポンプ光と光検出部に対するプローブ光とに分割する分割器と、発生器に導かれるポンプ光の光路長及び／又は検出器に導かれるプローブ光の光路長を変更する光路長変更装置とを備え、検出器は、透過窓を介して入射する前記試料からの試料光をポンプ光及び／又はプローブ光の照射タイミングに同期してサンプリングする。そして、分光測定装置は、検出器からの検出信号が入力され、透過窓で反射された反射光による信号を検出信号から分離除去する処理回路をさらに有する。これにより、透過窓で反射される光の分光測定への影響を除去することができる。

また、レーザパルス光を発生するレーザ光源と、レーザ光源で発生したレーザパルス光を、発生器に対するポンプ光と検出器に対するプローブ光とに分割する分割器と、発生器に導かれるポンプ光の光路長及び／又は検出器に導かれるプローブ光の光路長を変更する光路長変更装置とを備え、検出器は、透過窓を介して入射する前記試料からの試料光をポンプ光及び／又はプローブ光の照射タイミングに同期してサンプリングする。そして、分光測定装置は、検出器からの検出信

号が入力され、試料と透過窓との間で反射されて生じる多重反射光による信号を前記検出信号から分離除去する処理回路をさらに有する。これにより、透過窓と試料との間で発生する多重反射光の分光測定への影響を除去することができる。

本発明による他の分光測定装置は、光透過窓を有し、テラヘルツパルス光を吸収しないガスがパージされるチャンバーと、テラヘルツパルス光を発生する発生器と、テラヘルツパルス光を試料に照射する照射光学系と、試料からの試料光を検出する検出器と、テラヘルツパルス光が照射された試料からの試料光を検出器に導く検出光学系とを備え、発生器、照射光学系、検出器および検出光学系は、チャンバー内に配置され、試料はチャンバー外に配置されたことを特徴とする。チャンバー内をパージすることにより、光路中の水蒸気やCO<sub>2</sub>等を除去してテラヘルツパルス光の光量減少を防止することができる。

また、試料がテラヘルツ光吸収率の小さな液体中に浸されて配設され、透過窓の外表面に液体が接するように形成された液槽を前記チャンバー外に設け、照射光学系は透過窓および液層内の液体を介してテラヘルツパルス光を試料に照射し、検出器は液層内の液体および透過窓を介して試料光を受光するようにしても良い。それによって、テラヘルツパルス光の光量減少を防止することができる。

さらにまた、ガス噴出装置により透過窓と試料との空間にテラヘルツパルス光を吸収しないガスを流すようにしても良い。

試料をチャンバー外で保持するホルダと、チャンバー内に配置され、発生器および検出器が固定されるベースと、チャンバーの隔壁に対して気密かつ相対的に変位可能に隔壁を貫通し、ベースとホルダとを互いの相対位置が固定されるように連結する連結部材とを備えるようにしても良い。その結果、真空引きしたときのチャンバーの歪みの影響を受けることなく、精度良い測定を行うことができる。

本発明による他の分光測定装置は、光透過窓を有する隔壁を介して設けられた第1および第2の真空チャンバーと、第1の真空チャンバーに設けられて試料を保持するホルダと、第2の真空チャンバー内に設けられ、第1の真空チャンバーに設けられた試料に光透過窓を介して測定光を照射する光照射部と、第2の真空チャンバー内に設けられ、測定光が照射された試料からの試料光を光透過窓を介

して受光する光検出部と、第2の真空チャンバー内に配置され、光照射部および光検出部が固定されるベースと、隔壁に対して気密かつ相対的に変位可能に隔壁を貫通し、ベースとホルダとを互いの相対位置が固定されるように連結する連結部材を備える。このような構成とすることにより、真空引きしたときに第1、2の真空チャンバーに歪みが生じて、分光測定に対する歪みの影響を除去することができる。

仮想の中心線と略平行に配置されるとともに中心線の回りに略同一角度間隔でかつ中心線から略等距離に配置された複数本の棒状部材で、連結部材を構成するようにしても良い。

チャンバーの周壁部が円筒状とすることにより、真空引きの際のチャンバーの変形を低減することができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施の形態による光学装置を模式的に示す概略構成図である。

図2は、図1中のII-II線に沿った概略断面図である。

図3は、本発明の第1の実施の形態による光学装置の構造を模式的に示す概略斜視図である。

図4は、図3中のIV-IV線に沿った概略断面図である。

図5は、本発明の第2の実施の形態による光学装置の構造を模式的に示す概略斜視図である。

図6は、図5中のVI-VI線に沿った概略断面図である。

図7は、本発明の第3の実施の形態による光学装置の構造を模式的に示す概略斜視図である。

図8は、図7中のVII-VII線に沿った概略断面図である。

図9は、窓部界面におけるテラヘルツ光の反射および多重反射の一例を示す模式図である。

図10は、検出出力の一例を示す図である。

図11は、窓部材内部における多重反射を示す図である。

図 1 2 は、本発明の第 4 の実施の形態による光学装置の構造を模式的に示した断面図である。

図 1 3 は、第 4 の実施の形態の第 1 変形例を示す図である。

図 1 4 は、第 4 の実施の形態の第 2 変形例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図を参照して本発明の実施の形態を説明する。

〔第 1 の実施の形態〕

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態による光学装置を模式的に示す概略構成図である。図 2 は、図 1 中の II - II 線に沿った概略断面図である。理解を容易にするため、図 1 及び図 2 に示すように、互いに直交する X 軸、Y 軸及び Z 軸を定義する。XY 平面が水平面であり、Z 軸方向が鉛直方向と一致しており、+Z 方向が鉛直上方、-Z 方向が鉛直下方である。図 3 は、本実施の形態による光学装置の構造を模式的に示す概略斜視図である。図 4 は、図 3 中の IV - IV 線に沿った概略断面図である。

本実施の形態による光学装置は、測定対象物としての試料 1 0 0 の複素誘電率等をテラヘルツ光を用いて測定するものである。

本実施の形態による光学装置では、図 1 に示すように、レーザ光源等からなるフェムト秒パルス光源 1 から放射されたフェムト秒パルス光 L 1 が、ビームスプリッタ 1 2 で 2 つのパルス光 L 2、L 3 に分割される。

ビームスプリッタ 2 で分割された一方のパルス光 L 2 は、光伝導アンテナ等の光スイッチ素子又は EO 結晶などのテラヘルツ光発生器 6 を励起して、この発生器 6 からテラヘルツパルス光を発生させるためのポンプ光（パルス励起光）として用いられる。このポンプ光 L 2 は、平面鏡 3 を経て、光チョッパ 4 によりチョッピングされた後に、集光レンズ 5 によりテラヘルツ光発生器 6 に集光される。なお、テラヘルツ光発生器 6 として光スイッチ素子を用いる場合には、図示しないバイアス電源によりバイアス電圧がテラヘルツ光発生器 6 に印加される。

ビームスプリッタ 2 で分割された他方のパルス光 L 3 は、テラヘルツパルス光を検出するタイミングを定めるプローブ光（サンプリングパルス光）として使用



される。このプローブ光 $L_3$ は、平面鏡7、2枚もしくは3枚の平面鏡が組み合わされてなる可動鏡8、平面鏡9、10、11、更には集光レンズ12を経て、テラヘルツ光検出器13へ導かれる。本実施の形態では、検出器13として、ダイポールアンテナを用いた公知の光スイッチ素子が用いられている。

プローブ光 $L_3$ の光路上に配置された可動鏡8は、移動機構25により矢印F方向に移動可能となっている。移動機構25は制御・演算処理部23により制御される。可動鏡8の移動量に応じてプローブ光 $L_3$ の光路長が変わることにより、プローブ光 $L_3$ が検出器13へ到達する時間が変化する。すなわち、本実施の形態では、可動鏡8及び移動機構25が、プローブ光 $L_3$ の光路長変更装置を構成している。なお、光路長変更装置の光路長変更範囲とは、図1における可動鏡8の移動距離を指す。この場合、プローブ光 $L_3$ の光路長の変化を $y$ とすれば、可動鏡8の移動距離は $y/2$ となる。

なお、光路長変更装置は、プローブ光 $L_3$ の光路中に置くことに限られることなく、ポンプ光 $L_2$ の光路中においても全く同様な作用が得られる。さらに、プローブ光 $L_3$ およびポンプ光 $L_2$ の両光路中に各々光路長変更装置を置いても同様の作用を得ることができる。

テラヘルツ光発生器6はポンプ光 $L_2$ により励起され、発生器6からテラヘルツパルス光 $L_4$ が放射される。テラヘルツパルス光 $L_4$ としては、概ね $0.01 \times 10^{12}$ から $100 \times 10^{12}$ ヘルツまでの周波数領域の光が望ましい。このテラヘルツパルス光 $L_4$ は放物面鏡等の曲面鏡14を経て平行光に変換され、その後、放物面鏡等の曲面鏡15及び平面鏡16を経て集光位置に集光される。

図1及び図2に示すように、テラヘルツパルス光 $L_4$ の光軸は、発生器6から平面鏡16までの間では水平面内(XY平面と平行な面内)にあるが、平面鏡16の向きが図2のように設定されることにより、平面鏡16と集光位置との間では上側(Z軸プラス方向)に立ち上げられている。

テラヘルツパルス光 $L_4$ の集光位置には、試料ホルダ30(図2参照、図1では省略)により試料(測定対象物)100が保持されている。試料100はその下面が水平となるように保持され、試料100の下面側の測定部位(所定の微小の領域)にテラヘルツパルス光 $L_4$ が集光される。試料100は観測試料100

a 及び参照試料 1 0 0 b を代表して示しており、観測試料 1 0 0 a 及び参照試料 1 0 0 b は、互いに交換して試料ホルダ 3 0 に保持される。参照試料 1 0 0 b としては、例えば金属ミラーなどの、屈折率等が既知である部材が用いられる。観測試料 1 0 0 a としては例えばウエハ等を挙げることができるが、これに限定されるものではない。なお、試料 1 0 0 の局所的な情報ではなく、例えば試料の比較的広い領域の平均的な情報を得たり各局所的な情報の 2 次元分布を一括して得たりする場合には、テラヘルツパルス光 L 4 を局所的に集光することなく試料 1 0 0 の下面の比較的広い領域を照射する。

ここで、試料ホルダ 3 0 について、図 3 及び図 4 を参照して説明する。試料 1 0 0 が載置される試料ホルダ 3 0 はその上面が試料保持面として機能し、その試料保持面が水平となるように構成されている。図 2 では、試料ホルダ 3 0 を図面表記の便宜上矩形形状として示しているが、実際には、図 3 及び図 4 に示すように円板として構成されている。図 4 に示すように、試料ホルダ 3 0 の中央付近には開口 3 0 a が形成されている。テラヘルツ光 L 4 は、この開口 3 0 a を通して試料 1 0 0 の下面の測定部位（所定領域）に対して入射する。試料ホルダ 3 0 では、試料保持面に試料 1 0 0 を単に載置するだけで、試料 1 0 0 が重力で保持される。もっとも、本発明では、試料ホルダ 3 0 は、このような構成に限定されるものではない。試料ホルダ 3 0 は、所望の試料（対象物）を保持することができるよう構成すればよく、例えば、クリップを利用した周知の試料ホルダを用いてもよい。

再び図 1 及び図 2 を参照すると、試料 1 0 0 の下面の測定部位で反射されたテラヘルツパルス光 L 5 は、平面鏡 1 7 及び曲面鏡 1 8, 1 9 を経てテラヘルツ光検出器 1 3 に集光される。平面鏡 1 7 及び曲面鏡 1 8, 1 9 は、上述した集光位置を含みかつ Y Z 平面と平行な面に関して平面鏡 1 6 及び曲面鏡 1 5, 1 4 とそれぞれ対称に配置されている。テラヘルツ光検出器 1 3 は、テラヘルツ光 L 5 の電場強度を検出してそれを電流信号に変換する。この電流信号は、電流計 2 0 で電圧信号に変換された後、ロックイン増幅器 2 1 により、光チョッパー 4 のチョッピングと同期してロックイン検出される。ロックイン増幅器 2 1 の出力信号は、テラヘルツ光の電場強度の検出信号として、A/D 変換器 2 2 により A/D 変

換され、これがコンピュータ等からなる制御・演算処理部 23 に供給される。

フェムト秒パルス光源 1 から放射されるフェムト秒パルス光 L1 の繰り返し周波数は、数 kHz から 100 MHz オーダーである。したがって、発生器 6 から放射されるテラヘルツパルス光 L4 も、数 kHz から 100 MHz オーダーの繰り返しで放射される。

そのため、テラヘルツ光検出器 13 には、試料 100 から同じ波形のテラヘルツパルス光 L5 が数 kHz から 100 MHz オーダーで繰り返し到来する。そこで、本実施の形態では、ポンプ光 L2 とプローブ光 L3 との間に時間遅延を設けてテラヘルツパルス光 L5 の波形を計測する、いわゆるポンプ・プローブ法を採用することにより、テラヘルツパルス光 L5 の電場強度の時系列変化を計測するようにしている。すなわち、テラヘルツ光発生器 6 を作動させるポンプ光 L2 に対して、テラヘルツ光検出器 13 を作動させるプローブ光 L3 のタイミングを時間  $\tau$  だけ遅らせることにより、時間  $\tau$  だけ遅れた時点でのテラヘルツパルス光 L5 の電場強度を検出器 13 で測定できる。言い換えれば、プローブ光 L3 は、テラヘルツ光検出器 13 に対してゲートをかけていることになる。また、可動鏡 8 を徐々に移動させることは、遅延時間  $\tau$  を徐々に変えることにほかならない。光路長変更装置によってゲートをかけるタイミングをずらしながら、繰り返し到来するテラヘルツパルス光 L5 の各遅延時間  $\tau$  ごとの時点の電場強度を検出器 13 で検出し、その検出結果を電気信号として順次得ることによって、テラヘルツパルス光 L5 の電場強度の時系列波形  $E(\tau)$  を計測することができる。

本実施の形態では、テラヘルツパルス光の電場強度の時系列波形  $E(\tau)$  の計測時には、制御・演算処理部 23 は遅延時間  $\tau$  を徐々に変化させるような制御信号を移動機構 25 に与え、そのときに得られる A/D 変換器 22 からのデータを制御・演算処理部 23 内の図示しないメモリに順次格納する。これによって、最終的に、テラヘルツパルス光の電場強度の時系列波形  $E(\tau)$  を示すデータ全体をメモリに格納する。

このような時系列波形  $E(\tau)$  を示すデータを、試料ホルダ 30 上に参照試料 100b を載置した場合と観測試料 100a を載置した場合について取得する。制御・演算処理部 23 は、これらのデータに基づいて観測試料 100a の所望の

特性（情報）を求め、これをCRT等の表示部24に表示させる。例えば、制御・演算処理部23は、公知の演算によって観測試料100aの複素誘電率を求め、これを表示部24に表示させる。

本実施の形態では、以上説明した要素5, 6, 11~19が、試料ホルダ30に保持された試料100に所定の光を照射するとともに対象物から得られる光に対して光学的な作用を行う光学系40を構成している。

次に、本実施の形態による光学装置の構造について、図3及び図4を参照して説明する。図3では、内部構造の理解を容易にするため、容器本体51を破線で示している。また、図3及び図4では、図面が煩雑となるのを避けるため、光学系40の図示は省略し、光学系40の配置空間41を想像線によるハッチングで示している。図1に示した光学系40以外の装置、例えば、光源1の光を光学系40の平面鏡11に導く平面鏡7, 可動鏡8, 平面鏡9, 10や、光源1の光を光学系40の集光レンズ5に導く平面鏡3や光チョッパ4は、容器本体51の外部に配置される。

本実施の形態による光学装置は、前述した試料ホルダ30及び光学系40の他に、真空引き可能なチャンバー50を形成するチャンバー形成部材としての容器本体51及び上蓋52と、光学系40が固定された光学系取り付けベース53と、上蓋52に対して気密かつ相対的に変位可能に上蓋52を貫通した連結部材としての3本の連結棒54a, 54b, 54cと、を備えている。

容器本体51は、上方が開口した有底の円筒状に構成され、その上部にフランジ部51aを有している。上蓋52は円板で構成され、ボルト55により容器本体51のフランジ部51aに固定される。上蓋52とフランジ部51aとの間にはパッキン56が配設され、容器本体51の上部開口は上蓋52により気密に閉塞される。上蓋52の中央付近には、テラヘルツ光L4, L5を透過させる材料からなる窓部52aが形成されている。容器本体51の側部には、図3に示すように、図示しない真空ポンプに接続するための配管が接続される接続口57が設けられている。これにより、容器本体51及び上蓋52により形成されたチャンバー50が、真空引き可能となっている。

本実施の形態では、光学系取り付けベース53として、円板が用いられている

。取り付けベース 53 には、光学系 40 が、図示しない取り付け部材により固定されている。光学系 40 及び光学系取り付けベース 53 はチャンバー 50 内に配置され、試料ホルダ 30 は、チャンバー 50 外の大気中に配置されている。本実施の形態では、試料ホルダ 30 は、上蓋 52 に対して固定されることなく、上蓋 52 上に載置されている。

連結棒 54 a は、図 4 に示すように、上蓋 52 に形成された貫通孔を貫通し、その上端がボルト 58 により試料ホルダ 30 に固定され、その下端がボルト 59 により取り付けベース 53 に固定されている。これにより、連結棒 54 a は、試料ホルダ 30 と取り付けベース 53 との間を連結している。

図 4 に示すように、上蓋 52 の貫通孔の周囲には気密構造部 60 が設けられ、連結棒 54 a が上蓋 52 に対して気密かつ相対的に変位可能に上蓋 52 を貫通している。本実施の形態では、気密構造部 60 は、真空ゲージのゲージポートと同様に構成されている。すなわち、気密構造部 60 は、リング 61 と、リング 61 の上側を支持する段部を有し上蓋 52 の貫通孔の周囲に固着された筒状部材 62 と、リング 61 の下側を支持するリング部材 63 と、筒状部材 62 に対して固定されリング部材 63 の下方への抜けを阻止する貫通孔付きカップ状部材 64 とから構成されている。連結棒 54 a は、リング 61 の弾性変形の範囲内において、気密構造部 60 に対する位置を変えることができる。

図面には示していないが、連結棒 54 b, 54 c も、連結棒 54 a と同様に、上蓋 52 に対して気密かつ相対的に変位可能に上蓋 52 を貫通して、試料ホルダ 30 と取り付けベース 53 との間を連結している。3 本の連結棒 54 a ~ 54 c は、図 3 に示すように、上下方向に延びる図示しない仮想の中心軸線と略平行に配置されるとともに中心線の回りに略同一角度間隔（本実施の形態では、120° 間隔）でかつ中心線から略等距離に配置されている。連結棒 54 a ~ 54 c がこのように配置されているので、連結棒 54 a ~ 54 c の強度をさほど高めることなく、試料ホルダ 30 と取り付けベース 53 との相対的な位置関係を安定して保つことができる。もっとも、連結棒 54 a ~ 54 c の配置は前述した例に限定されるものではない。

このように、本実施の形態では、3 本の連結棒 54 a ~ 54 c は、試料ホルダ

このように、本実施の形態では、3本の連結棒54a～54cは、試料ホルダ30と取り付けベース53との間を連結する連結部材を構成し、両者の相対的な位置関係が固定されるようにしている。もっとも、連結部材の構成はこのような構成に限定されるものではない。

本実施の形態では、連結棒54a～54cの長さが容器本体51の深さより短く設定され、取り付けベース53が容器本体51の底部から浮いている。すなわち、試料ホルダ30、光学系40、光学系取り付けベース53及び連結棒54a～54cからなる構造体は、試料ホルダ30の裏面が上蓋52に当接することにより支持されている。光学系40及び光学系取り付けベース53は、連結棒54a～54cにより吊り下げられた状態となっている。先の説明からわかるように、上記構造体は上蓋52及び容器本体51に対して何ら固定されておらず、連結棒54a～54cはそれぞれ気密構造部60に対して位置を変えることができる。

なお、図3、4には示していないが、図1の要素20～25はチャンバー50の外側に配置されている。チャンバー50外の所要の要素、例えば、電流計20と、チャンバー50内の光学系40の所要の要素、例えば、検出器13等との間を接続する電気配線（図示せず）は、チャンバー50の気密を保つ周知の気密構造により設けられている。

本実施の形態によれば、試料100の測定は、チャンバー50内が真空に引かれた状態で行う。その結果、光学系40がチャンバー50内に配置されているので、試料ホルダ30の開口30aの部分を除く光路が真空となる。したがって、光路中に介在する大気分子等がほとんどなくなるため、光路中に存在する分子等による測定精度の低下はほとんどない。また、試料ホルダ30が大気中に置かれているので、チャンバー50内を真空に保ったまま試料100を簡単かつ迅速に交換することができる。なお、試料100の測定は、例えば、チャンバー50内を一旦真空に引いた後にパージ用のガスで充填させ密封状態に保って、行ってもよい。

そして、本実施の形態では、前述したように、試料ホルダ30、光学系40、光学系取り付けベース53及び連結棒54a～54cからなる一体化された構造

されることなく、位置の自由度を持っている。したがって、本実施の形態によれば、チャンバー５０を真空に引くことにより、上蓋５２及び容器本体５１に歪みが生じて、その歪みによって前記構造体の位置は変わる場合があるものの、試料ホルダ３０と光学系取り付けベース５３との相対的な位置関係、すなわち、試料１００と光学系４０との相対的な位置関係は、全く変わらない。このため、本実施の形態によれば、上蓋５２や容器本体５１の厚みを厚くしてそれらの強度を高めるようなことをしなくても、ひいては、装置の重量を増大させなくても、真空引きに伴う歪み発生により測定精度が低下することがない。

このように、本実施の形態によれば、光路中に介在する大気中の分子等を大幅に低減させて測定精度を高めることができ、しかも、装置の重量を増大させることなく、試料１００の交換の迅速性と真空引きに伴う歪みに起因する測定精度の低下の抑制とを両立させることができる。

本実施の形態では、容器本体５１の周壁部が円筒状をなし、また、これに伴い上蓋５２も平板であるが円形状となっている。したがって、各部の厚みを厚くしなくても、容器本体５１及び上蓋５２を全体として直方体状に構成する場合に比べて、真空引きに伴う各部の歪み自体も大幅に低減される。本実施の形態では、前述したように容器本体５１及び上蓋５２の歪みと無関係に光学系４０と試料１００との相対的な位置関係が一定に保たれるので、必ずしも真空引きに伴う歪みを低減する必要はない。しかしながら、生ずる歪みが小さければ、Ｏリング６１に作用する力や連結棒５４ａ～５４ｃに作用する力などが低減されるので、好ましい。図面には示していないが、上蓋５２を上側に多少膨らんだような形状にすると、真空引きに伴う上蓋５２の歪みがより低減され、更に好ましい。

ところで、テラヘルツパルス光Ｌ４が上蓋５２の窓部５２ａを試料１００側に通過する際、および、試料１００からのテラヘルツパルス光Ｌ５が窓部５２ａをチャンバー５０側に通過する際に、窓部５２ａの界面においてテラヘルツパルス光Ｌ４、Ｌ５の反射や多重反射が発生しやすい。図９は、窓部界面におけるテラヘルツ光の反射および多重反射の一例を示す模式図である。テラヘルツパルス光Ｌ４は窓部５２ａをチャンバー５０側から開口３０ａ側へと通過し、試料１００に入射する。試料１００で反射されたテラヘルツパルス光Ｌ５は窓部５２ａを通

ってチャンバー 50 側に入り、光学系 40 (図 1 参照) に戻る。

図 9 において、光線 300 は、テラヘルツパルス光 L4 の一部が窓部 52a で反射されて生じた反射光である。また、光線 301, 302 は、テラヘルツパルス光 L5 の一部が窓部 52a と試料 100 との間で多重反射された光である。多重反射光 301 は窓部 52a および試料 100 により 1 回ずつ反射された多重反射光であり、多重反射光 302 は窓部 52a および試料 100 により 2 回ずつ反射された多重反射光である。これらの反射光 300 および多重反射光 301, 302 は、テラヘルツパルス光 L5 と同様にテラヘルツ光検出器 13 によって検出される。

図 10 は、そのときの検出出力を示したものであり、縦軸は検出出力、横軸は時間である。ピーク P300 は反射光 300 の検出出力で、ピーク P5 はテラヘルツパルス光 L5 の検出出力、ピーク P301, P302 はそれぞれ多重反射光 301, 302 の検出出力である。これらのピーク P5, P300, P301, P302 の発生時刻の差は、テラヘルツ光 L5, 300, 301, 302 の光路長差に依存している。図 9 に示した例では、窓部 52a と試料とにより、1 および 2 回ずつ反射された多重反射しか示していないが、実際には、さらに反射回数の多い多重反射光が多数観測される。

一般に、時系列波形計測の際の波数分解を向上させるためには、時間領域で長い信号波形が必要となる。しかし、時間領域を長くすると、検出出力に多重反射光による信号が含まれてしまい、解析が困難になってしまうという問題があった。本実施の形態では、以下に説明する 2 つの方法によってこのような多重反射の影響を解消している。

第 1 の方法では、窓部 52a と試料 100 との間隔 d1 を大きくすることにより、テラヘルツ光 L5 と多重反射光 301, 302 との光路長差を大きくする。その結果、図 10 におけるピーク P5 に対してピーク P301, P302 の出現位置は破線のように図示右側に移動し、ピーク間隔が広がることになる。なお、反射光 300 のピーク P300 の出現位置に関しては、ピーク P5 を基準に左側に移動することになる。

波数分解を  $x$  とすると、そのときに必要な可動鏡 8 のスキャン距離は  $1/2x$



となる。例えば、波数分解を  $1\text{ cm}^{-1}$  とした場合、スキャン距離として  $5\text{ mm}$  必要となる。そのため、このスキャン距離の領域内に多重反射が現れないようにするためには、スキャン距離  $5\text{ mm}$  に対応する光路長は  $10\text{ mm}$  なので、図 9 から分かるように試料 100 と窓部 52a との間隔を  $5\text{ mm}$  以上とすれば良い。

なお、図 9、10 に示した多重反射 301、302 の他に、図 11 に示すような窓部 52a 内部における多重反射 303 も考えられる。この多重反射光 303 がスキャン距離の領域内に出現するような場合には、窓部 52a の厚さ  $d_2$  を大きくして多重反射光 303 の光路長を増加させ、多重反射光 303 がスキャン距離の領域内に現れないようにすれば良い。

次に、第 2 の方法について説明する。図 1 に示したように、テラヘルツ光検出器 13 の信号は電流計 20、ロックイン増幅器 21 で処理された後に A/D 変換器 22 でデジタル信号に変換され、制御・演算処理部 23 においてデジタル演算処理される。第 2 の方法では、図 10 の時間軸上における多重反射光のピーク位置と、多重反射の無い測定光（テラヘルツパルス光  $L_5$ ）のピーク位置とを、予め参照データとして取得しておく。そして、制御・演算処理部 23 では、この参照データに基づいて、多重反射の影響を除去するようにデジタル演算処理を行うようにする。この参照データは、例えば、光学装置製造時の調整工程等において取得する。

参照データは次のようにして取得する。

装置調整工程において、図 9 の試料 100 の代わりにリファレンス用のガラス板やミラーをホルダ 30 上に載置し、テラヘルツパルス光  $L_4$  を発生させて測定を行う。この測定により、図 10 と同様の出力データが得られる。図 9 の距離  $d_1$ 、 $d_2$  は常に一定なので、図 10 における反射光 300、テラヘルツ光  $L_5$ 、多重反射光 301、302 のピーク位置は常に一定している。さらに、測定毎に観測される反射光 300 の出力値は、常に同一条件であるためほぼ一定の値となる。例えば、 $d_1 = d_2 = 10\text{ (mm)}$  である場合には、図 10 の  $\tau_a$ 、 $\tau_b$  は約  $66.7\text{ (ps)}$  となる。

そこで、制御・演算処理部 23 に、参照データとして、例えば、ピーク  $P_{300}$  の出力値およびピーク  $P_{300}$ 、 $P_5$ 、 $P_{301}$  の相対位置関係を記憶してお

く。実際の計測時には、ピークP300と同一ピークを検出し、そのピークの時間を $\tau_1$ とすれば、時間軸上の $(\tau_1 + \alpha)$ から $(\tau_1 + \tau_a + \tau_b - \beta)$ までのデータに基づいて分析処理を行う。 $\alpha$ 、 $\beta$ はピークP300、P301の影響を受けないように設定される。

ただし、ピークP5と多重反射光のピークP301とが部分的に重なり合うような場合には、 $d_1$ が大きくなるようにホルダ30を厚くしてピークP5とピークP301とを分離する必要がある。

このように、時間領域測定を行うテラヘルツ分光装置の場合には、上述した方法を用いることにより反射光や多重反射光の影響を容易に除去することができる。一方、分散分光装置のような時間領域測定を使用しない一般的な分光装置の場合には、光を時系列に検出するのではなく一括で検出するため、測定光から多重反射光の影響を除去するのは困難である。

なお、窓部52aには、ポリエチレンや石英などのようにテラヘルツ光に関して吸収率の小さな物質が用いられる。吸収率が小さなものとしてはシリコンもあるが、シリコンは屈折率が大きいため反射ロスが大きく、トータルで考えるとポリエチレンや石英の方が優れている。またポリエチレン、石英およびシリコンよりも性能的に落ちるが、サファイアやGaAsやGeなども窓部材料として使用することができる。

なお、本実施形態は、反射タイプの分光測定装置について説明したが、本発明は透過タイプの分光測定装置にも同様に適用できる。試料は照明光学系と検出光学系との境界の光路中に置かれるわけであるが、その光路が真空チャンバーの外側となるようにすればよい。例えば、チャンバー外空間を挟んで対向する壁面を真空チャンバーに形成し、各壁面に透過窓部材をそれぞれ設ける。この2つの透過窓部材の間が上述した境界の光路に相当し、この光路中に試料を配置することで透過タイプの装置とすることができる。

#### [第2の実施の形態]

図5は、本発明の第2の実施の形態による光学装置の構造を模式的に示す概略斜視図である。図6は、図5中のVI-VI線に沿った概略断面図である。

本実施の形態による光学装置は、主に下記(i)～(iii)の点で第1の実施の形態

の光学装置と異なる。

(i) 上蓋 5 2 が、中央部の円板 1 5 2 a と、その外側の円環 1 5 2 b とに分割されている。円環 1 5 2 b は、ボルト 1 5 3 により内周側部分が円板 1 5 2 a の外周側部分に固定されている。円環 1 5 2 b と円板 1 5 2 a との間にはパッキン 1 5 4 が設けられ、円環 1 5 2 b と円板 1 5 2 a とは気密に固定されている。

(ii) 光学系取り付けベース 5 3 は、容器本体 5 1 の底部付近に設けられた円環状の支持板 1 5 5 に載置されている。

(iii) 連結棒 5 4 a ~ 5 4 c の長さが容器本体 5 1 の支持板 1 5 5 までの深さより長く設定され、取り付けベース 5 3 の外周部分が支持板 1 5 5 上に載置される。そのため、試料ホルダ 3 0、光学系 4 0、光学系取り付けベース 5 3 及び連結棒 5 4 a ~ 5 4 c からなる構造体は、吊り下げ状態ではなく支持板 1 5 5 により下側から支持されている。

連結棒 5 4 a ~ 5 4 c は、円板 1 5 2 a を貫通するように中心側に寄せて配置されている。試料ホルダ 3 0 の外径は、円環 1 5 2 b の内径より小さくなっている。連結棒 5 4 a ~ 5 4 c には、組立時に円板 1 5 2 a が下方にずり落ちるのを防止するずり落ち防止リング 1 5 6 が固着されている。

本実施の形態においても、試料ホルダ 3 0 および光学系 4 0 を含む構造体が、上蓋 5 2 および容器本体 5 1 に対して固定されることなく位置の自由度を保持しているため、上述した第 1 の実施の形態と同様の利点が得られる。

#### [第 3 の実施の形態]

図 7 は、本発明の第 3 の実施の形態による光学装置の構造を模式的に示す概略斜視図である。図 8 は、図 7 中の VII-VII 線に沿った概略断面図である。

本実施の形態による光学装置は、主に下記 (i)、(ii) の点で第 1 の実施の形態の光学装置と異なる。

(i) 連結棒 5 4 a ~ 5 4 c の長さが容器本体 5 1 の深さより長く設定され、取り付けベース 5 3 がボルト 5 9 を介して容器本体 5 1 の底部上に載置される。そのため、試料ホルダ 3 0、光学系 4 0、光学系取り付けベース 5 3 及び連結棒 5 4 a ~ 5 4 c からなる構造体は、吊り下げ状態ではなく容器本体 5 1 の底部により支持されている。

(ii) 上蓋 5 2 上に円筒状部材 2 5 1 を設けて、試料室となるチャンバー 2 5 0 を形成する。本実施の形態では、上蓋 5 2 は、チャンバー 5 0 とチャンバー 2 5 0 との間の隔壁部として機能している。

円筒状部材 2 5 1 は下方が開口しており、その下部にはフランジ部 2 5 1 a を有している。フランジ部 2 5 1 a が上蓋 5 2 の外周側部分の上面にパッキン 2 5 6 を介してボルト 2 5 5 により固定されることにより、円筒状部材 2 5 1 の内部にチャンバー 2 5 0 が形成されている。チャンバー 2 5 0 内には、試料ホルダ 3 0 及び試料 1 0 0 が配設される。円筒状部材 2 5 1 の上部には、試料 1 0 0 の出し入れ口 2 5 1 b が形成されている。この出し入れ口 2 5 1 b は、図示しない開閉機構で開閉自在とされた開閉蓋 2 6 0 により開閉されるようになっている。図 8 において、2 6 1 は、開閉蓋 2 6 0 を閉じたときにチャンバー 2 5 0 を気密に保つためのパッキンである。円筒状部材 2 5 1 の側部には、図 7 に示すように、図示しない真空ポンプに接続するための配管が接続される接続口 2 5 7 が設けられている。これにより、上蓋 5 2 及び円筒状部材 2 5 1 により形成されたチャンバー 2 5 0 が、チャンバー 5 0 と独立して真空引き可能となっている。

本実施の形態によれば、試料 1 0 0 の測定は、チャンバー 5 0、2 5 0 内がそれぞれ真空に引かれた状態で行う。その結果、光学系 4 0 がチャンバー 5 0 内に配置されるとともに試料ホルダ 3 0 及び試料 1 0 0 がチャンバー 2 5 0 内に配置されているので、全ての光路が真空となる。したがって、光路中に介在する大気分子等が全くなくなるため、光路中に存在する分子等による測定等の精度の低下がなくなる。また、試料 1 0 0 を交換する場合には、チャンバー 5 0 の真空状態を保ったままチャンバー 2 5 0 を大気圧に戻し、試料 1 0 0 の交換を行う。交換後に測定を行う場合には、チャンバー 2 5 0 のみを再度真空に引けばよい。このため、試料 1 0 0 の交換に伴い再度真空に引くべき空間が狭いので、対象物の交換に要する時間が大幅に短縮される。なお、試料 1 0 0 の測定は、例えば、チャンバー 5 0、2 5 0 内を一旦真空に引いた後にバージ用のガスで充填させ密封状態に保って、行ってもよい。

そして、本実施の形態によれば、第 1 の実施の形態と同様に、試料ホルダ 3 0、光学系 4 0、光学系取り付けベース 5 3 及び連結棒 5 4 a ~ 5 4 c からなる一

体化された構造体が、チャンバー５０、２５０を形成している上蓋５２、容器本体５１及び円筒状部材２５１に対して固定されることなく、位置の自由度を持っている。したがって、本実施の形態によれば、チャンバー５０、２５０を真空に引くことにより、上蓋５２、容器本体５１及び円筒状部材２５１に歪みが生じて、試料ホルダ３０と光学系取り付けベース５３との相対的な位置関係、すなわち、試料１００と光学系４０との相対的な位置関係は全く変わらない。ただし、上記歪みによって前記構造体の位置が変わることもあるが、その場合も、上記相対的な位置関係は変化しない。このため、本実施の形態によれば、上蓋５２や容器本体５１の厚みを厚くしてそれらの強度を高めるようなことをしなくても、ひいては、装置の重量を増大させなくても、真空引きに伴う歪み発生により測定精度が低下することがない。

このように、本実施の形態によれば、光路中に介在する大気中の分子等を排除して測定精度を高めることができ、しかも、装置の重量を増大させることなく、試料１００の交換の迅速性と真空引きに伴う歪みに起因する測定精度の低下の抑制とを両立させることができる。

なお、本実施の形態においても、前記第１の実施の形態と同様に、連結棒５４ａ～５４ｃの長さを容器本体５１の深さより短く設定し、光学系４０及び光学系取り付けベース５３を、連結棒５４ａ～５４ｃにより吊り下げられた状態としてもよい。

また、窓部５２ａを開口とし、この開口を開閉し得るシャッターのような真空バルブを設けてもよい。

#### 〔第４の実施の形態〕

図１２は、本発明の第４の実施の形態による光学装置の構造を模式的に示した断面図である。図１２に示した装置は、図４に示した装置において試料ホルダ３０を試料ホルダ４００で置き換えたものである。試料ホルダ４００では、ホルダ上面側に筒状の壁部４００ｂが、開口４００ａを囲むように形成されている。壁部４００ｂで囲まれた凹部空間はテラヘルツ光の吸収率の小さな液体４０１が満たされている。試料１００は、液体４０１で満たされた凹部空間の開口４００ａの部分に載置される。試料ホルダ４００の試料載置面には溝４００ｃが形成され

ていて、開口４００aの領域と試料１００が納められる領域とは連通している。そのため、開口４００a内にも液体４０１が満たされている。試料ホルダ４００の底面と上蓋５２の上面との隙間はＯリングシール４０２によりシールされ、液体４０１が漏れるのを防止している。

本実施の形態では、窓部５２aと試料１００との間の開口空間は液体４０１で満たされているため、テラヘルツ光 $L_4$ 、 $L_5$ の光路からテラヘルツ光を吸収しやすい水蒸気や $CO_2$ の分子を排除することができる。また、屈折率が窓部５２aの屈折率に近い液体４０１を使用することにより、液体４０１と窓部５２aとの界面での反射を防止することができ、多重反射の影響を低減することができる。

図１３は第４の実施の形態の第１変形例であり、窓部５２aの上面に壁部５２０を形成し、その壁部５２０で囲まれた領域に液体を満たし、試料１００をその液体内に浸した。５２１は試料１００が載置される試料台である。

図１４は第４の実施の形態の第２変形例であって、試料１００と窓部５２aとの間に液体４０１を介在させる代わりにガスをパージするようにしたものである。図１４に示す装置は、図６に示した装置にガスパージノズル５００を固定具５０１により円環１５２bに固定したものである。固定治具５０１はボルト５０２によって円板１５２aに固定されている。ガスパージノズル５００からは、パージガス $G$ として窒素ガスやヘリウムガスやアルゴンガスなどが、試料ホルダ３０と円板１５２aとの間に噴出される。その結果、試料ホルダ３０と円板１５２aとの間の大気がパージガスに置換され、水蒸気や $CO_2$ によるテラヘルツ光 $L_4$ 、 $L_5$ の吸収を防止することができる。

以上、本発明の各実施の形態及びその変形例について説明したが、本発明はこれらの実施の形態及び変形例に限定されるものではない。

例えば、前述した各実施の形態及びその変形例では、対象物からの反射光を用いる反射型の装置に適用した例であったが、本発明は、チャンバーの形状を適宜変更することによって、対象物からの透過光を用いる透過型の装置にも適用することができる。

また、前述した各実施の形態及びその変形例は、本発明をテラヘルツ光を用い

た測定装置に適用した例であったが、本発明は、テラヘルツ光を用いた他の種々の光学装置やテラヘルツ光を用いない種々の光学装置に適用することができる。

## 請求の範囲

1. 真空に排気され、光透過窓を有するチャンバーと、  
測定光を発生する発生器と、  
前記測定光を試料に照射する照射光学系と、  
前記試料からの試料光を検出する検出器と、  
前記測定光が照射された前記試料からの試料光を前記検出器に導く検出光学系とを備え、  
前記発生器、前記照射光学系、前記検出器および前記検出光学系は、前記真空チャンバー内に配置され、  
前記試料は、前記真空チャンバー外に配置されたことを特徴とする分光測定装置。
2. 真空に排気され、光透過窓を有するチャンバーと、  
テラヘルツパルス光を発生する発生器と、  
前記テラヘルツパルス光を試料に照射する照射光学系と、  
前記試料からの試料光を検出する検出器と、  
前記テラヘルツパルス光が照射された前記試料からの試料光を前記検出器に導く検出光学系とを備え、  
前記発生器、前記照射光学系、前記検出器および前記検出光学系は、前記真空チャンバー内に配置され、  
前記試料は、前記真空チャンバー外に配置されたことを特徴とする分光測定装置。
3. 請求項 2 に記載の分光測定装置において、  
前記透過窓は、ポリエチレン材料または石英で構成される。
4. 請求項 2 または 3 に記載の分光測定装置は、  
レーザパルス光を発生するレーザ光源と、  
前記レーザ光源で発生したレーザパルス光を、前記発生器に対するポンプ光と前記検出器に対するプローブ光とに分割する分割器と、  
前記発生器に導かれるポンプ光の光路長及び／又は前記検出器に導かれるプローブ光の光路長を変更する光路長変更装置とを備え、



前記検出器は、前記透過窓を介して入射する前記試料からの試料光を前記ポンプ光及び／又は前記プローブ光の照射タイミングに同期してサンプリングし

、  
前記透過窓と前記試料との間隔は、前記光路長変更装置の光路長変更範囲よりも大きく設定する。

5. 請求項4に記載の分光測定装置において、

前記レーザ光源、前記分割器および前記光路長変更装置を前記チャンバー外に配設した。

6. 請求項2または3に記載の分光測定装置は、

レーザパルス光を発生するレーザ光源と、

前記レーザ光源で発生したレーザパルス光を、前記発生器に対するポンプ光と前記検出器に対するプローブ光とに分割する分割器と、

前記発生器に導かれるポンプ光の光路長及び／又は前記検出器に導かれるプローブ光の光路長を変更する光路長変更装置とを備え、

前記検出器は、前記透過窓を介して入射する前記試料からの試料光を前記ポンプ光及び／又は前記プローブ光の照射タイミングに同期してサンプリングし

、  
前記分光測定装置は、前記検出器からの検出信号が入力され、前記透過窓で反射された反射光による信号を前記検出信号から分離除去する処理回路をさらに有する。

7. 請求項2または3に記載の分光測定装置は、

レーザパルス光を発生するレーザ光源と、

前記レーザ光源で発生したレーザパルス光を、前記発生器に対するポンプ光と前記検出器に対するプローブ光とに分割する分割器と、

前記発生器に導かれるポンプ光の光路長及び／又は前記検出器に導かれるプローブ光の光路長を変更する光路長変更装置とを備え、

前記検出器は、前記透過窓を介して入射する前記試料からの試料光を前記ポンプ光及び／又は前記プローブ光の照射タイミングに同期してサンプリングし

前記分光測定装置は、前記検出器からの検出信号が入力され、前記試料と前記透過窓との間で反射されて生じる多重反射光による信号を前記検出信号から分離除去する処理回路をさらに有する。

8. 光透過窓を有し、テラヘルツパルス光を吸収しないガスがパージされるチャンバーと、

テラヘルツパルス光を発生する発生器と、

前記テラヘルツパルス光を試料に照射する照射光学系と、

前記試料からの試料光を検出する検出器と、

前記テラヘルツパルス光が照射された前記試料からの試料光を前記検出器に導く検出光学系とを備え、

前記発生器、前記照射光学系、前記検出器および前記検出光学系は、前記チャンバー内に配置され、

前記試料は、前記チャンバー外に配置されたことを特徴とする分光測定装置

。

9. 請求項 2 または 8 に記載の分光測定装置において、

前記試料がテラヘルツ光吸収率の小さな液体中に浸されて配設され、前記透過窓の外表面に前記液体が接するように形成された液槽を前記チャンバー外に設け、

前記照射光学系は前記透過窓および前記液層内の液体を介して前記テラヘルツパルス光を前記試料に照射し、前記検出器は前記液層内の液体および前記透過窓を介して前記試料光を受光する。

10. 請求項 2 または 8 に記載の分光測定装置は、

前記透過窓と前記試料との空間にテラヘルツパルス光を吸収しないガスを流して、前記空間の大気を前記ガスで置換するガス噴出装置を有する。

11. 請求項 1 または 2 に記載の分光測定装置は、

前記試料を前記チャンバー外で保持するホルダと、

前記チャンバー内に配置され、前記発生器および前記検出器が固定されるベースと、

前記チャンバーの隔壁に対して気密かつ相対的に変位可能に前記隔壁を貫

通し、前記ベースと前記ホルダとを互いの相対位置が固定されるように連結する連結部材とを有する。

12. 光透過窓を有する隔壁を介して設けられた第1および第2の真空チャンバーと、

前記第1の真空チャンバーに設けられて試料を保持するホルダと、

前記第2の真空チャンバー内に設けられ、前記第1の真空チャンバーに設けられた試料に前記光透過窓を介して測定光を照射する光照射部と、

前記第2の真空チャンバー内に設けられ、測定光が照射された前記試料からの試料光を前記光透過窓を介して受光する光検出部と、

前記第2の真空チャンバー内に配置され、前記光照射部および前記光検出部が固定されるベースと、

前記隔壁に対して気密かつ相対的に変位可能に前記隔壁を貫通し、前記ベースと前記ホルダとを互いの相対位置が固定されるように連結する連結部材を備えた分光測定装置。

13. 請求項11または12に記載の分光測定装置において、

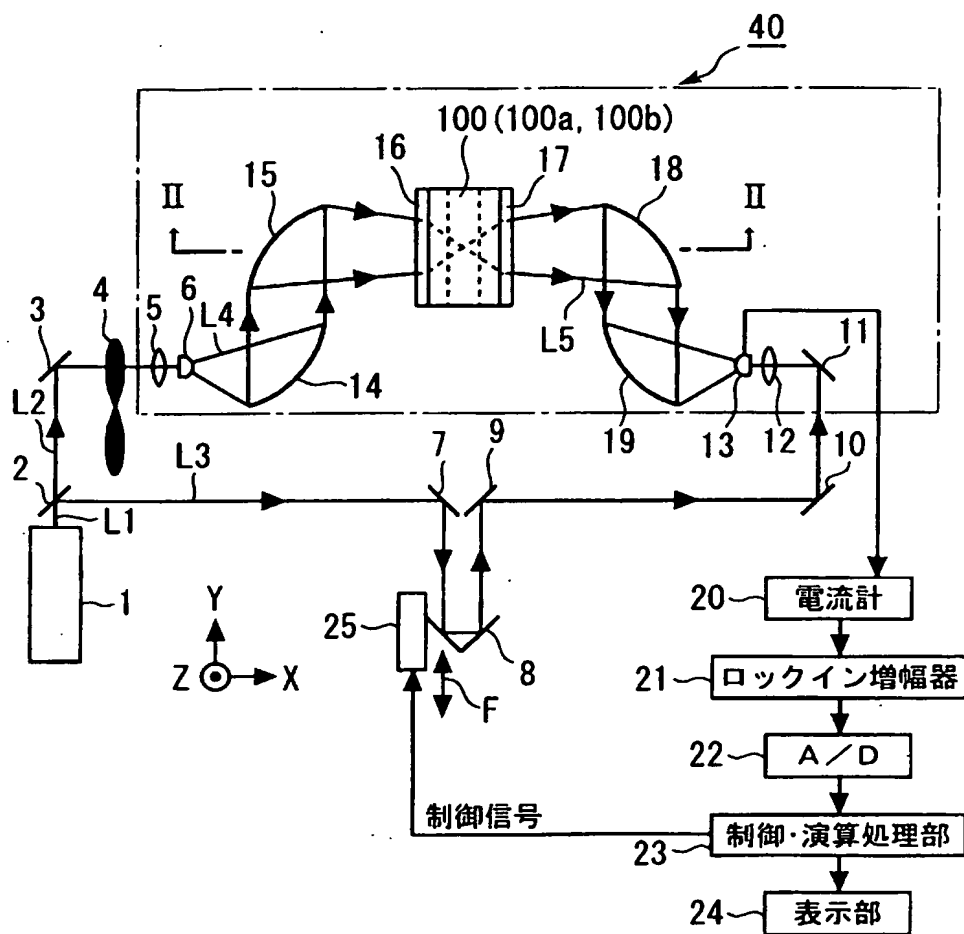
前記連結部材は、仮想の中心線と略平行に配置されるとともに前記中心線の回りに略同一角度間隔でかつ前記中心線から略等距離に配置された複数本の棒状部材を備える。

14. 請求項11または12に記載の分光測定装置において、

前記チャンバーの周壁部が円筒状をなす。

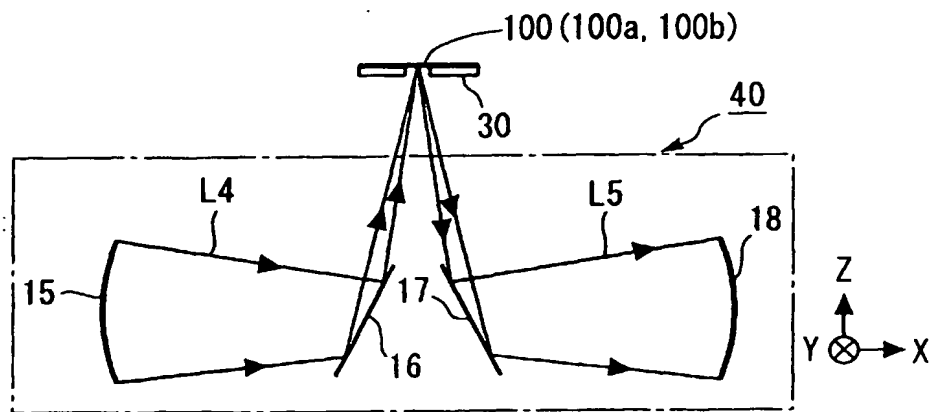
1/14

FIG. 1



2/14

FIG. 2



3/14

FIG. 3

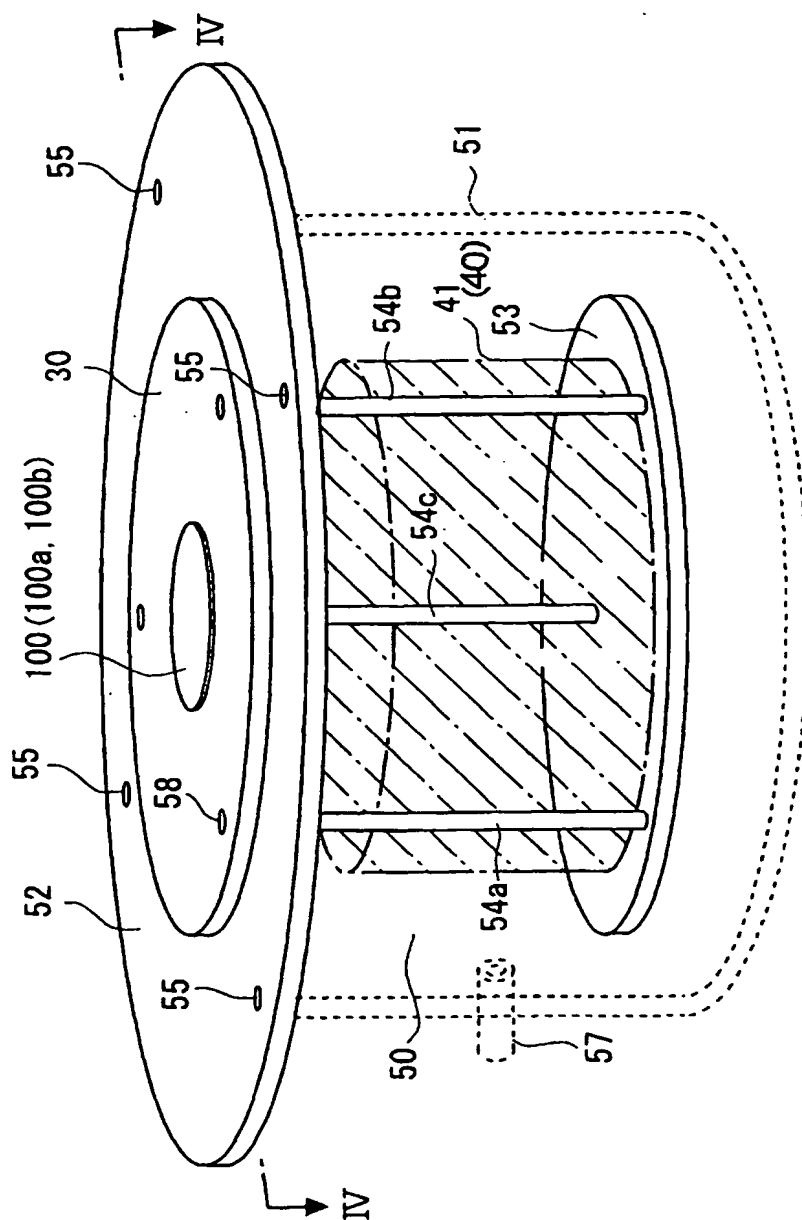
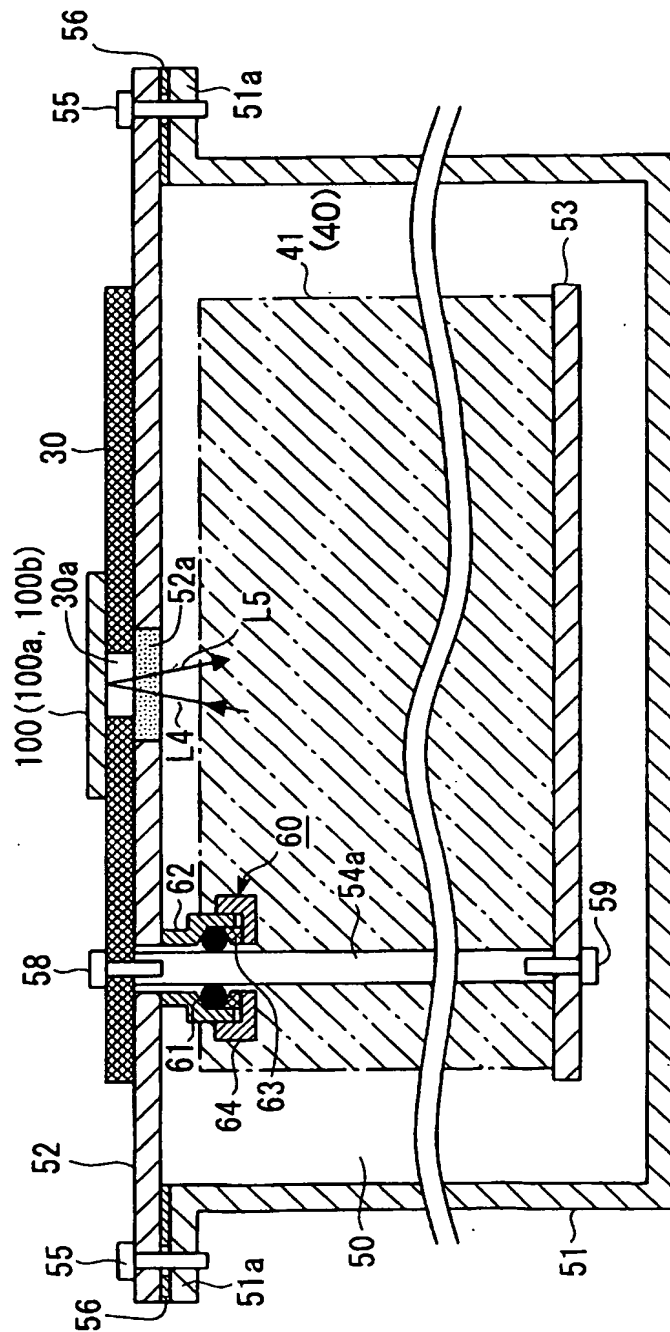


FIG. 4



5/14

FIG. 5

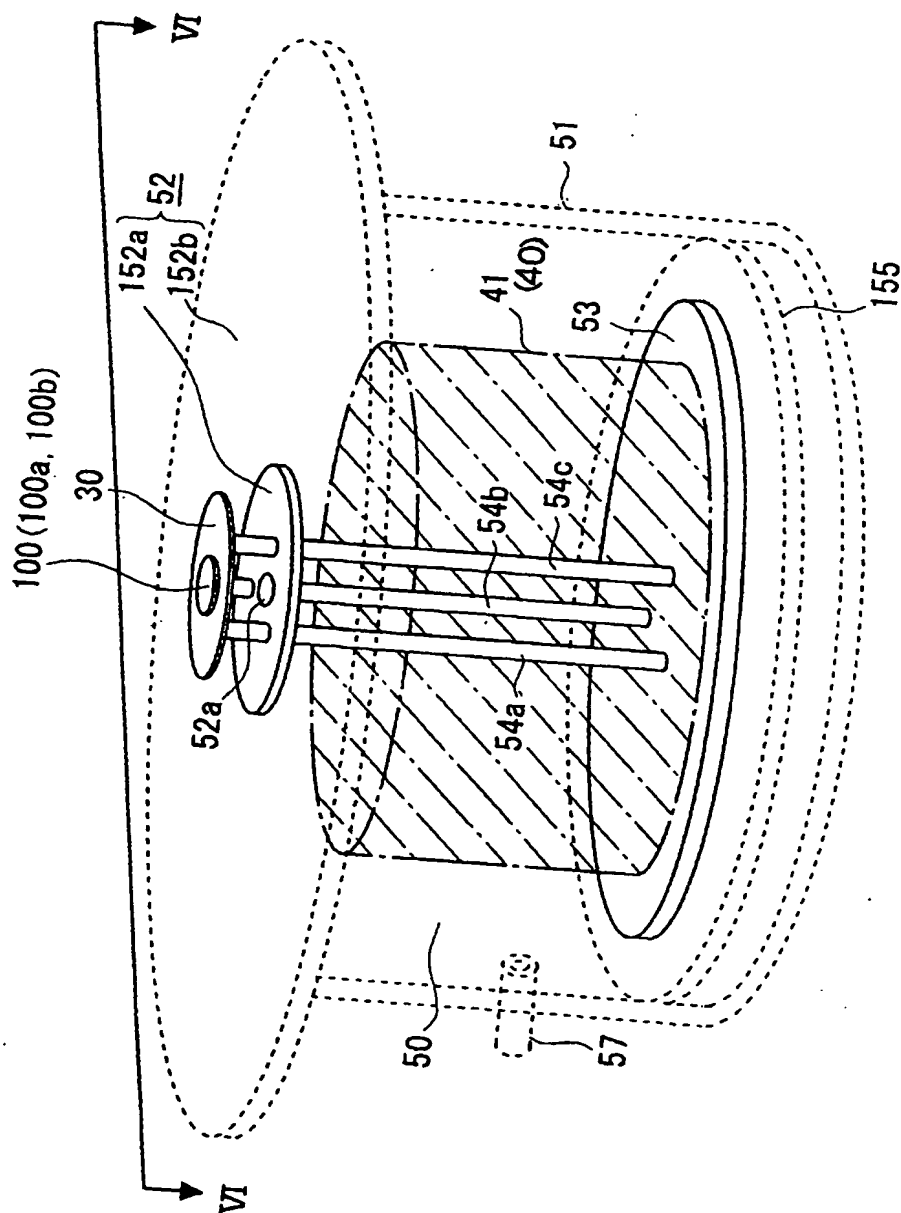
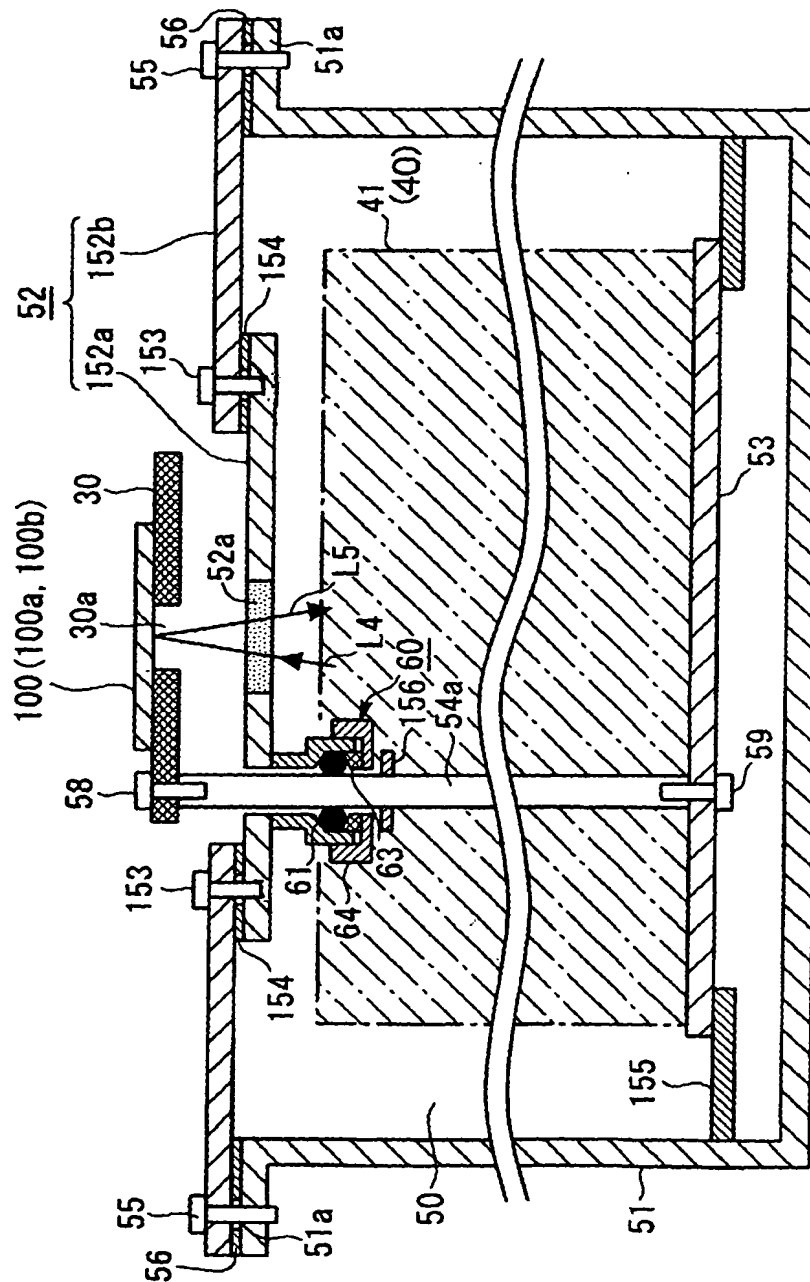


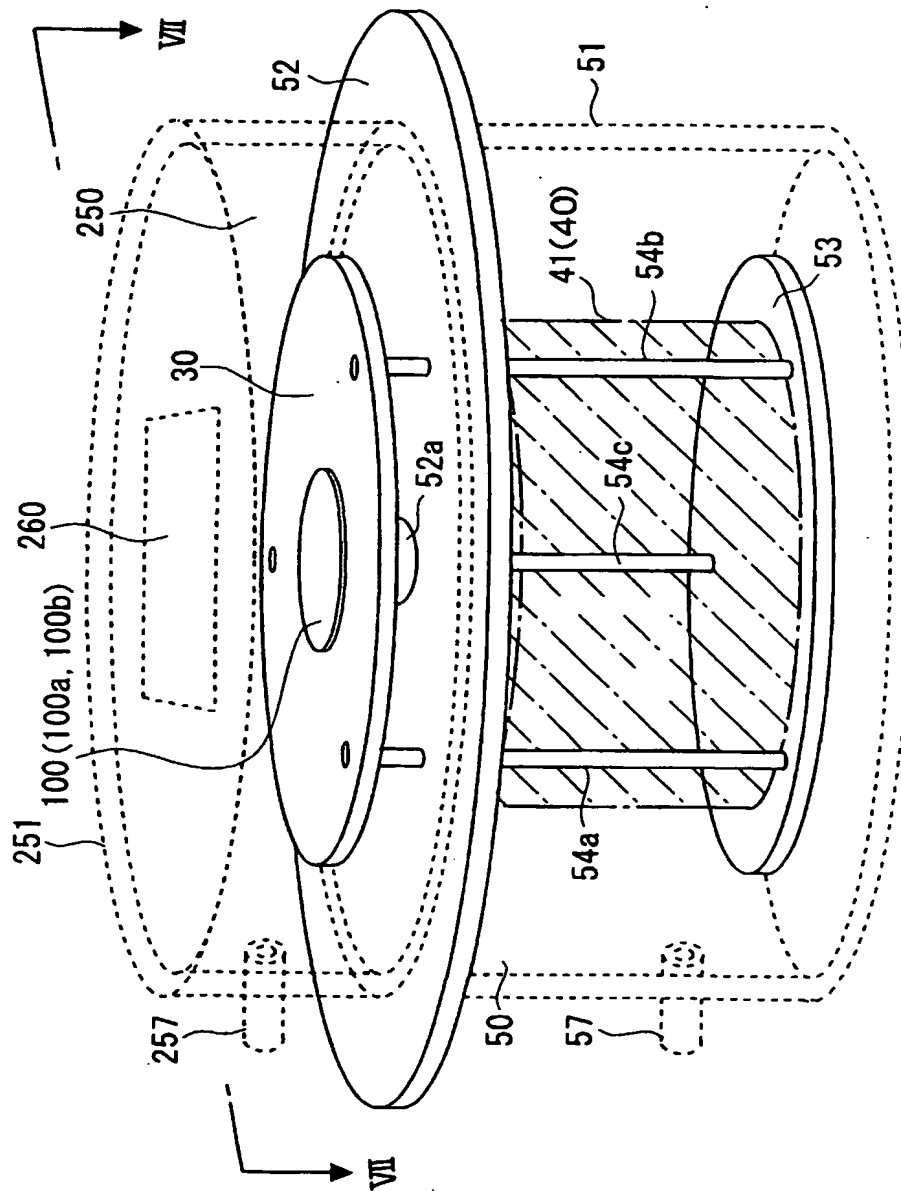


FIG. 6



7/14

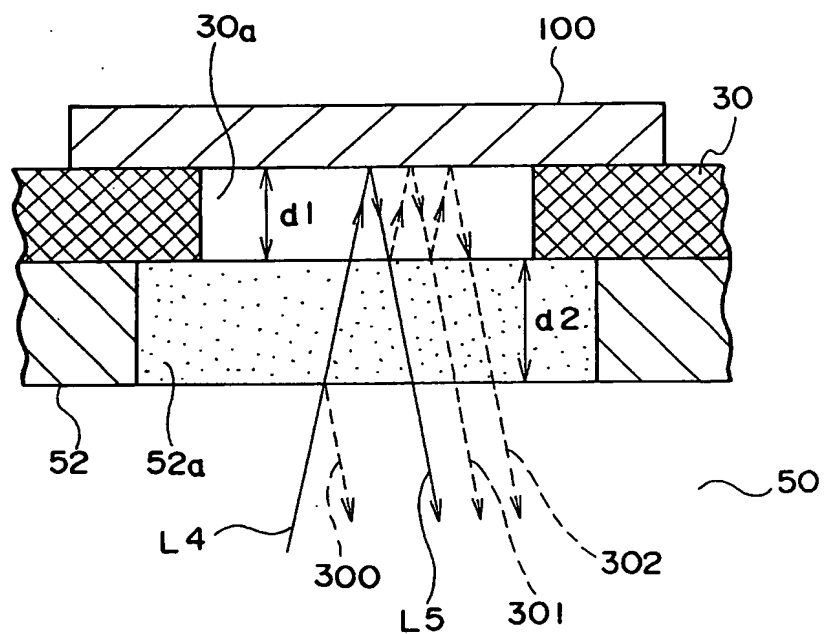
FIG. 7





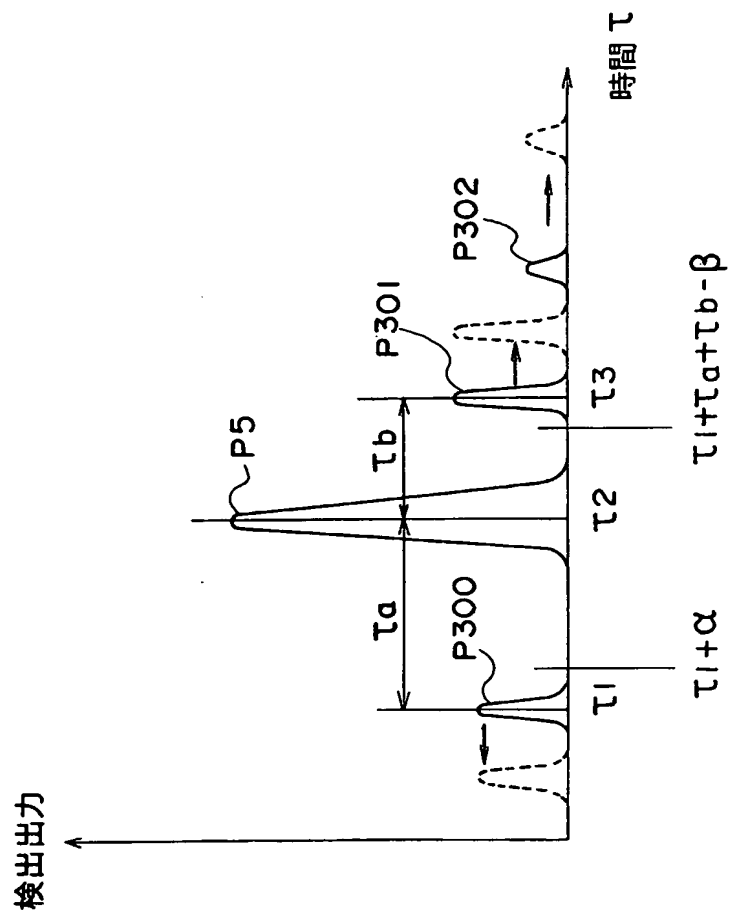
9/14.

FIG. 9



10/14

FIG. 10



11/14

FIG.11

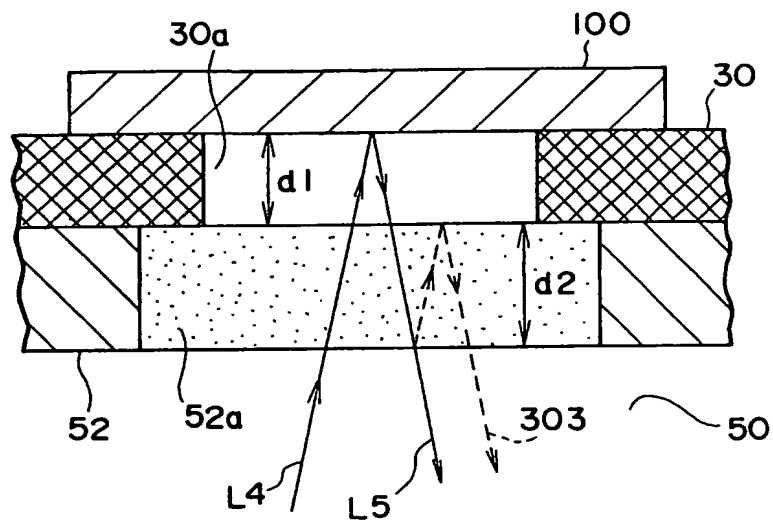
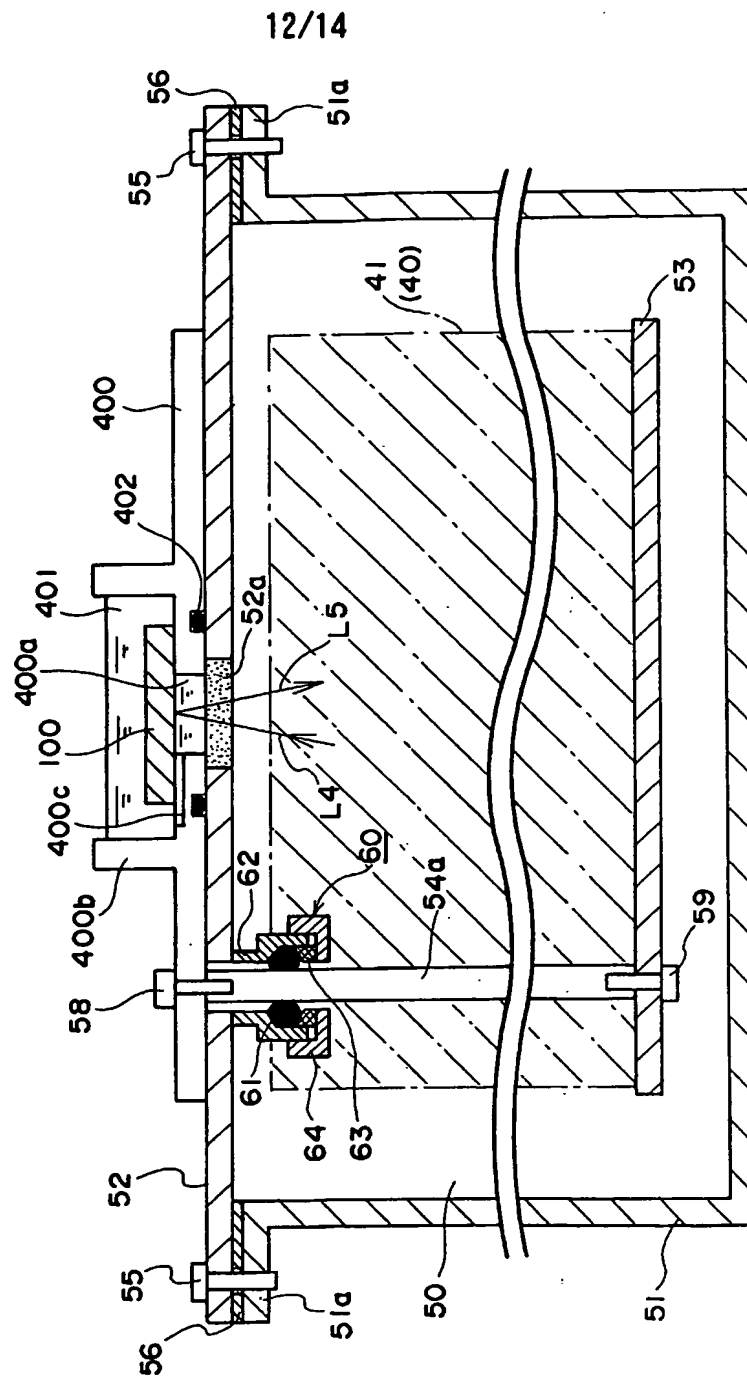
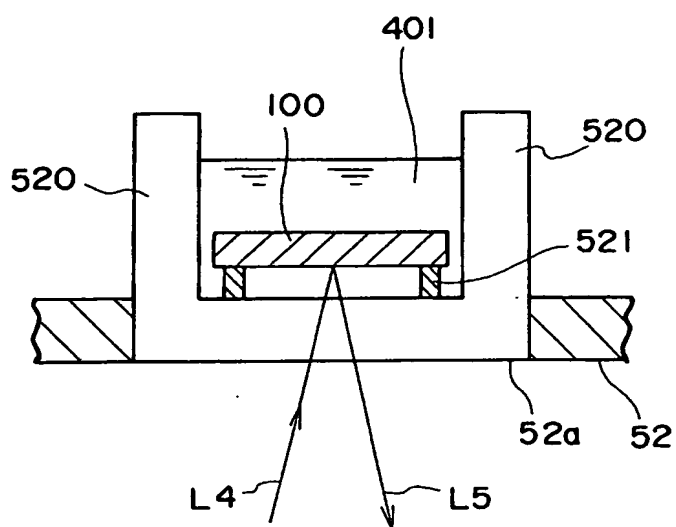


FIG. 12



13/14

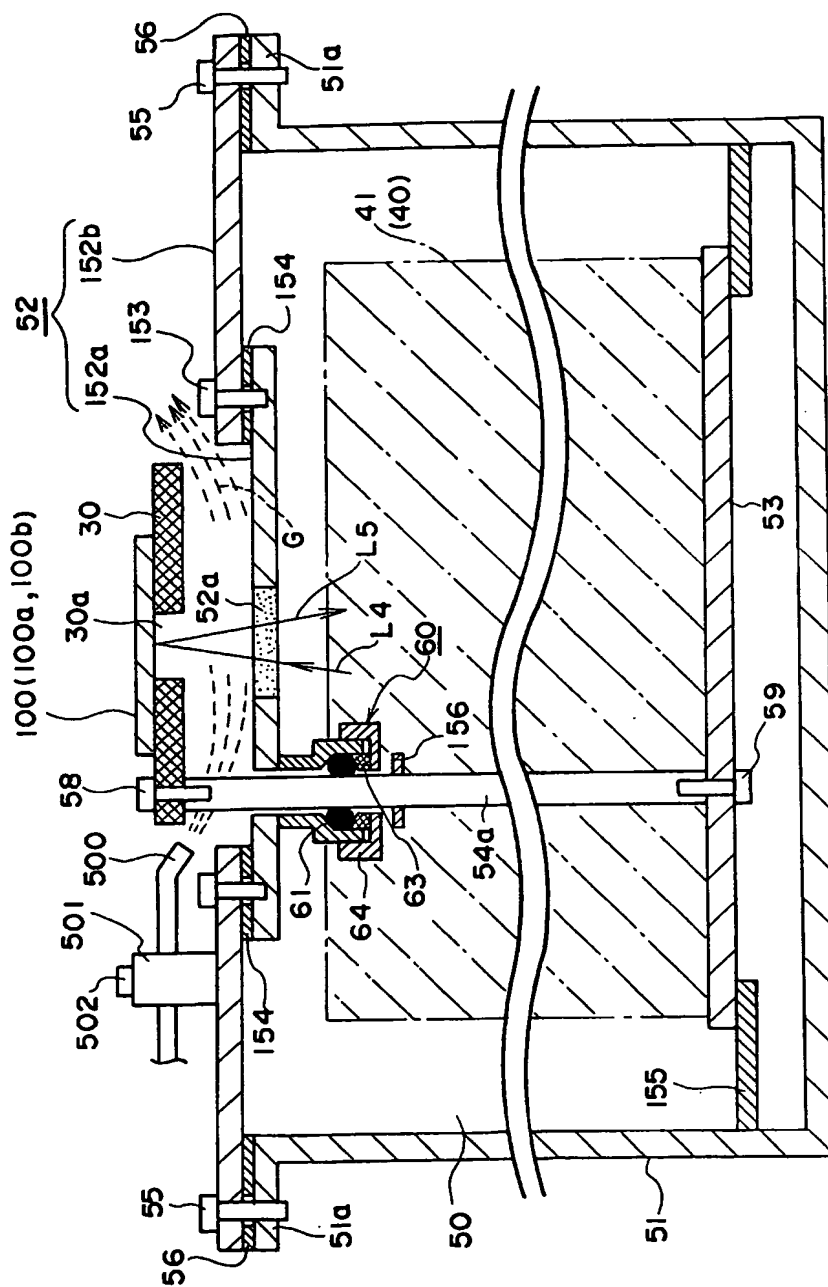
FIG. 13





14/14

FIG.14



## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO2/13647

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N 21/01, G01N 21/35

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N 21/00-21/61, G01J 1/00-3/52

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI/L, JICSTファイル (JOIS), IEEE Xplore, Web of Science

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 2000-49402 A (浜松ホトニクス株式会社) 2000.02.18 段落【0034】-【0036】、第13図	1,2
Y	段落【0034】-【0036】、第13図	3,6-8
A	段落【0034】-【0036】、第13図 (ファミリーなし)	4,5,9-14
Y	WO 00/50859 A (TOSHIBA RESEARCH EUROPE LIMITED) 2000.08.31, 明細書第38頁第1行-第8行 & EP 1155294 A & J P 2002-538423 A	3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

## 国際調査を完了した日

28.01.03

## 国際調査報告の発送日

12.02.03

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号 100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

## 特許庁審査官 (権限のある職員)

鈴木 俊光



2W 2910

電話番号 03-3581-1101 内線 3290

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 00/75641 A (TOSHIBA RESEARCH EUROPE LIMITED) 2000. 12. 14, 明細書第7頁第28行-第8頁第5行 & EP 1190234 A	3
Y	JP 7-218341 A (日本分光株式会社) 1995. 08. 18 段落番号【0022】-【0028】, 第3-4図 (ファミリーなし)	6, 7
Y	JP 2001-41877 A (日本酸素株式会社) 2001. 02. 16 段落【0005】-【0016】, 【0024】, 第1図 (ファミリーなし)	8
P, A	PHYSICAL REVIEW LETTERS, Vol. 89, No. 24, 247001 2002. 12. 09, 第1頁右欄第35行-第37行	10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**